

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

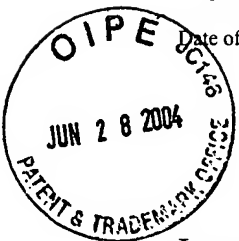
IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

"Express Mail" mailing label number EV 314 901 966 US

Date of Deposit: June 28, 2004

Infineon Ref. No. P26994
Our Case No. 10808/113



IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of:)	
)	
J. Maeritz)	
)	Examiner: Unknown
Serial No. 10/706,615)	
)	Group Art Unit No. Unknown
Filing Date: November 12, 2003)	
)	
For METHOD, PREPARATIONS,)	
COMPUTER-READABLE)	
STORAGE AND COMPUTER)	
PROGRAM ELEMENT CONTROL)	
OF PREPARATIONS PROCESS)	


CLAIM FOR PRIORITY

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Dear Sir:

Applicant(s) claim, under 35 U.S.C. § 119, the benefit of priority of the filing date of November 12, 2002 of German Patent Application Number 102 52 605.2. Accordingly, Applicants submit a Certified Copy of the application as required under 35 U.S.C. §1.55.

Respectfully submitted,



John J. King
Registration No. 35,918
Attorney for Applicants

BRINKS HOFER GILSON & LIONE
P.O. BOX 10395
CHICAGO, ILLINOIS 60610
(312) 321-4200



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 102 52 605.2

Anmeldetag: 12. November 2002

Anmelder/Inhaber: Infineon Technologies AG,
München/DE

Bezeichnung: Verfahren, Vorrichtung, computerlesbarer
Speicher und Computerprogramm-Element
zum rechnergestützten Überwachen und
Regeln eines Herstellungsprozesses

IPC: H 01 L 21/66

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 20. November 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'de'.

Stark

Beschreibung**Verfahren, Vorrichtung, computerlesbarer Speicher und
Computerprogramm-Element zum rechnergestützten Überwachen und
5 Regeln eines Herstellungsprozesses**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren, eine Vorrichtung, einen
computerlesbaren Speicher und ein Computerprogramm-Element
zum Überwachen und Regeln eines Herstellungsprozesses.

10

Bei der Herstellung von hochintegrierten Halbleiterchips auf
Wafern werden insbesondere durch die immer weiter steigende
Miniaturisierung der Strukturen auf dem Halbleiterchip immer
höhere Anforderungen an die für die Herstellung der
15 Halbleiterchips verwendeten Fertigungsanlagen und
Herstellungsprozesse auftreten. Die Stabilität und
Reproduzierbarkeit sowohl der Fertigungsanlagen als auch der
Herstellungsprozesse beeinflussen maßgeblich die Ausbeute und
Produktivität im Rahmen der Halbleiterchip-Fertigung. Schon
20 kleine Abweichungen von einem Soll-Verhalten einer Wafer-
Fertigungsanlage im Rahmen der Produktion können zu einer
erheblichen Verschlechterung der Ausbeute, das heißt zu einer
erheblichen Erhöhung der Fehlerrate bei den hergestellten
Halbleiterchips führen.

25

Im Allgemeinen werden die Halbleiterchips zu mehreren auf so
genannten Wafern hergestellt. Ferner werden im
Herstellungsprozess mehrere gleiche Wafer zu einer
logistischen Einheit, einem Los, gruppiert und gemeinsam
30 Halbleiter-Prozessschritten unterzogen.

35

Zum vollständigen und exakten Bestimmen der Produktqualität
der Wafer eines Loses oder des Herstellungsverfahrens dieser
Wafer müssten an sich alle Halbleiterchips nach deren
Fertigstellung Testmessungen zum Bestimmen ihrer
Eigenschaften und Qualität unterzogen werden. Dies würde aber
einen viel zu großen zeitlichen und kostenmäßigen Aufwand

fordern. Deshalb wird zum Bestimmen der Qualität der auf den Wafern angeordneten hergestellten Halbleiterchips gemäß dem Stand der Technik das so genannte Statistical Process Control (SPC) Verfahren verwendet. Bei dem SPC-Verfahren wird aus dem

5 Los von Wafern statistisch eine Stichprobe von Wafern ausgewählt, an welchen Wafern dann Testmessungen zum Bestimmen der Qualität der Wafer vorgenommen werden. An Hand der Ergebnisse dieser Testmessung wird auf die Qualität der Wafer des gesamten Loses zurückgeschlossen. Man nimmt an,
10 dass die Qualität aller Wafer des Loses dann um die gemessenen Qualitätswerte schwanken wird. Die so bestimmten Qualitätswerte gehen sowohl in die Bestimmung des cp -Wertes, welcher eine Aussage über die Breite einer Verteilung der Messwerte ist, oder anders ausgedrückt ein Maß für den
15 kleinstmöglichen Anteil fehlerhafter Einheiten (Wafer) im Prozess, der bei zentrierter Lage der Verteilung erwartet wird, als auch in die Bestimmung des cpk -Wertes ein, welcher ein Wert ist, der angibt wie zentrisch die Verteilung der Messwerte zu einer vorgegebenen Spezifikation liegt, oder
20 anders ausgedrückt ein Maß für den erwarteten Anteil fehlerhafter Einheiten im Prozess.

Ein wesentlicher Aspekt bei der Herstellung von Halbleiterchips ist auch, mögliche Abweichungen von einem Soll-Verhalten bei einer Chip-Fertigungsanlage oder im Rahmen
25 eines Herstellungsprozesses frühzeitig zu erkennen und entsprechende Gegenmaßnahmen zu treffen. Damit kommt der Analyse und der Überwachung von Maschinen, insbesondere der Chip-Fertigungsanlagen sowie der Herstellungsprozesse eine sehr hohe wirtschaftliche Bedeutung zu. Ferner ist die
30 Analyse und Überwachung vieler Prozessschritte des Herstellungsprozesses von erheblicher Bedeutung, da üblicherweise nur selten eine Reparatur eines Zwischenprodukts nach Durchführung eines Prozessschrittes möglich ist. In der Regel ist im Rahmen des SPC-Verfahrens
35 ein Funktionstest eines hergestellten Halbleiterchips erst am Ende des Herstellungsprozesses vorgesehen, was dazu führt, dass eine Rückkopplung der ermittelten Ergebnisse in den

Herstellungsprozess erst sehr spät möglich ist. Auch führen Messungen am Ende des Herstellungsprozesses zu unspezifischen Ergebnissen in dem Sinne, dass eine eventuelle schlechte Produktionsqualität des Wafers nicht mehr unbedingt mit einem bestimmten Prozessierungsschritt in Verbindung gebracht werden kann.

Es ist ferner bekannt, in-line-Messungen von Prozess-Zwischenergebnissen, so genannte in-line-SPC-Messungen, beispielsweise der Schichtdicken, des Schichtwiderstands oder von Linienbreiten, etc. mittels des SPC-Verfahrens vorzunehmen. Dies führt zu zusätzlichen Messschritten im Rahmen des gesamten Herstellungsprozesses und ist somit zeit- und kostenaufwändig, erhöht aber die Zuordenbarkeit von eventuellen Qualitätsmängeln zu einem bestimmten Prozessierungsschritt.

Ferner ist ein Verfahren zum Verbessern des Herstellungsprozesses mittels kontinuierlicher Anpassungen an die Bedürfnisse und festgestellten Mängel der hergestellten Wafer das so genannte Run-to-Run-Verfahren bekannt. Bei Verwenden des Run-to-Run-Verfahrens wird der Herstellungsprozess ständig und fortwährend („von Lauf zu Lauf“) aufgrund von gemessenen Prozessergebnissen, d.h. Messungen an den hergestellten Produkten oder Zwischenprodukten, geregelt. Es werden in kurzen Zeitabständen Prozessparameter eines Prozessierungsschrittes aufgrund gemessener Produktergebnisse geregelt. Die Regelung mittels des Run-to-Run-Verfahrens wird mittels so genannter Run-to-Run-Controllern durchgeführt.

Zum Durchführen des Run-to-Run-Verfahrens sind jedoch Messungen an Wafern nötig, um deren Produktqualität zu bestimmen und daraufhin die Prozessparameter zu regeln. Da Messungen zum Bestimmen der Produktqualität, wie schon erwähnt sowohl zeit- als auch kostenintensiv sind, werden die in-line-SPC-Messungen an zufällig ausgewählten Wafern als

Eingangsgrößen für die Regelung mittels des Run-to-Run-Verfahrens verwendet. Diese in-line-SPC-Messungen werden verwendet, um die benötigten Angaben über die Produktqualitäten zur Verfügung zu stellen, auf Grund deren
5 das Run-to-Run-Verfahren den weiteren Produktionsprozess steuern kann.

Aufgabe der Erfindung ist es die Funktionsfähigkeit von Run-to-Run-Controllern zu gewährleisten bzw. zu erhöhen sowie die
10 cp-Werte und cpk-Werte zu erhöhen.

) Das Problem wird durch das Verfahren, die Vorrichtung, das computerlesbare Speichermedium und das Computerprogramm-Element zum Überwachen und Regeln eines Herstellungsprozesses
15 mit den Merkmalen gemäß den unabhängigen Patentansprüchen gelöst.

Bei einem Verfahren zum rechnergestützten Überwachen und Regeln eines Herstellungsprozesses einer Mehrzahl von
20 physikalischen Objekten werden die physikalischen Objekte mindestens einem Herstellungsschritt unterzogen und mindestens eines der prozessierten physikalischen Objekte gemäß einem deterministischen Auswahlkriterium so markiert, dass es einer Testmessung unterzogen werden kann. Ferner wird
25 basierend auf dem Ergebnis der Testmessung des markierten Objektes der Herstellungsprozess geregelt.

Die Vorrichtung zum Überwachen und Regeln eines Herstellungsprozesses eines physikalischen Objektes weist
30 mindestens einen Prozessor auf, der so eingerichtet ist, dass die oben beschriebenen Verfahrensschritte durchgeführt werden können.

In einem computerlesbaren Speichermedium ist ein
35 Bearbeitungsprogramm zum Überwachen und Regeln eines Herstellungsprozesses eines physikalischen Objektes gespeichert, welches Bearbeitungsprogramm, wenn es von einem

Prozessor ausgeführt wird, die oben beschriebenen Verfahrensschritte aufweist.

- 5 Ein Computerprogramm-Element zum Überwachen und Regeln eines Herstellungsprozesses eines physikalischen Objektes, weist die oben beschriebenen Verfahrensschritte auf, wenn es von einem Prozessor ausgeführt wird.

10 Die Erfindung kann sowohl mittels eines Computerprogramms, d.h. einer Software, als auch mittels einer oder mehrerer spezieller elektrischer Schaltungen, d.h. in Hardware oder in beliebig hybrider Form, d.h. mittels Software-Komponenten und Hardware-Komponenten, realisiert werden.

- 15 Unter einer Chip-Produktionsanlage ist im Rahmen der Beschreibung ein System bzw. eine Anordnung zu verstehen, in der unter Verwendung unterschiedlicher Rohmaterialien, beispielsweise unter Verwendung von Halbleiter-Materialien wie Silizium oder auch anderer IV-Hauptgruppen-Halbleiter-Materialien (beispielsweise Germanium) oder binären, ternären oder auch quaternären III-V-Verbindungshalbleiter-Materialien (beispielsweise Indium-Gallium-Arsenid-Phosphid, Indium-Gallium-Arsenid-Antimonid, etc.), oder binären, ternären oder auch quaternären II-VI-Verbindungshalbleiter-Materialien
25 Halbleiter-Bauelemente, insbesondere Halbleiterchips gefertigt werden.

- Unter einem Halbleiterchip ist im Rahmen dieser Beschreibung beispielsweise ein Speicher-Chip, ein Mikroprozessor-Chip,
30 ein Kommunikations-Chip, ein Chip mit einem integrierten Halbleiter-Laser-Element, zu verstehen sowie ein auf eine beliebig vorgebbare Hardware-Funktion optimierter Chip wie beispielsweise ein Kommunikations-Chip zur Decodierung empfangener Funksignale oder ein Chip für die Verarbeitung
35 von Videosignalen.

Die Chip-Produktionsanlage weist mehrere Teil-Produktionsanlagen auf, beispielsweise unterschiedliche Maschinen, mit denen die für den gesamten Herstellungsprozess eines Chips notwendigen physikalischen oder chemischen Prozessschritte durchgeführt werden können.

Ein Beispiel insbesondere in dem Front-End-Bereich der Chip-Fertigung sind Vorrichtungen zum Durchführen der folgenden Prozessschritte:

- eine Kurzzeittemper-Vorrichtung (Rapid Thermal Processing-Vorrichtung, RTP-Vorrichtung),
- ein Ofen zum Erhitzen der zu bearbeitenden Wafer,
- eine Ätzvorrichtung, beispielsweise eine Plasmaätz-Vorrichtung, oder eine Trockenätz-Vorrichtung,
- eine Lithographie-Vorrichtung,
- eine Nassbehandlungs-Vorrichtung zum Ätzen, Lackentfernen, Reinigen oder Verändern der Produkt-Oberfläche,
- eine CMP-Vorrichtung, d.h. eine Vorrichtung zum Durchführen chemisch-mechanischen Polierens,
- eine Ionen-Implantations-Vorrichtung,
- eine Abscheide-Vorrichtung zum Abscheiden von Schichten auf den Wafer, beispielsweise eine Abscheide-Vorrichtung zum physikalischen Abscheiden aus der Gasphase (Physical Vapour Deposition, PVD) oder zum chemischen Abscheiden aus der Gasphase (Chemical Vapour Deposition, CVD),
- eine Messvorrichtung zum Messen vorgegebener Waferparameter oder Prozessparameter,
- eine Test-Vorrichtung zum Testen hergestellter Wafer.

Je nach dem jeweils herzustellenden Produkt, beispielsweise je nach gewünschter Ausgestaltung des zu fertigenden Chips, ist eine Vielzahl unterschiedlicher Vorrichtungen, das heißt Teil-Produktionsanlagen in der Chip-Produktionsanlage vorgesehen und miteinander gekoppelt zur Realisierung des jeweiligen notwendigen Gesamt-Halbleiterchip-Fertigungsprozesses.

Es ist in diesem Zusammenhang anzumerken, dass der Ablauf der einzelnen Prozessschritte in den jeweiligen Teil-Produktionsanlagen entweder „sequentiell“, d.h. immer zuerst in einer ersten Anlagengruppe A (z.B. belacken) vor zweiten Anlagengruppe B (z.B. belichten) durchgeführt werden können für zwei Herstellungsschritte die nacheinander stattfinden sollen, oder „parallel“, d.h. in einer ersten Anlage B1 (z.B. Scanner Typ XY100) oder einer zweiten Anlage B2 (z.B. Stepper Typ Extra2000) für zwei verschiedene Anlagen und Prozesse, die alternativ ein und den selben Herstellungsschritt durchführen können.

Mittels der Erfindung ist es möglich die Funktionsfähigkeit von Controllern, welche einen Herstellungsprozess regeln, sicherzustellen. Da die physikalischen Objekte, an denen Testmessungen durchgeführt werden, nicht, wie gemäß dem Stand der Technik, zufällig ausgewählt werden, sondern mittels deterministischer Regeln, d.h. Regeln welche gerade nicht zufällig sind, ausgewählt werden, kann es beispielsweise nicht dazu kommen, dass Lose, welche einer Testmessung unterzogen werden müssen, da an hand dieser Lose eine Regelung eines nachfolgenden Prozessschrittes erfolgen soll, nicht gemessen werden. Ein Algorithmus, welcher zur Regelung des Herstellungsprozesses verwendet wird, kann somit nicht mehr aufgrund mangelnder oder mangelhafter Ergebnissen von Testmessungen versagen. Durch das Verwenden von deterministischen Regeln, welche SPC-Messungen eines Herstellungsprozesses und Auswahlkriterien der Regelung des Herstellungsverfahrens berücksichtigen, wird gewährleistet, dass das Optimum an Losen oder Wafern gemessen wird. Es werden nur die Mindestanzahl von Messungen durchgeführt, welche für eine korrekte Überwachung und Regelung des Herstellungsprozesses benötigt werden.

Das Verfahren kann ein Run-to-Run-Verfahren sein.

Vorzugsweise ist das physikalische Objekt ein Wafer.

Insbesondere bei der Waferherstellung mit ihrer extrem hohen Zahl von Prozessschritten mit sehr hohen Anforderungen an die Produktionsqualität eignet sich die Erfindung gut, da eine automatisierte verbesserte Qualitätskontrolle und Regelung des Herstellungsverfahrens auf einfache Weise realisiert ist. Ferner besteht keine Gefahr, dass eine Regelung des Herstellungsverfahrens durch fehlende Messungen an Wafern oder Losen von Wafern unterbrochen wird, während gleichzeitig das Herstellungsverfahren nicht durch unnötige SPC-Messungen verlangsamt wird.

In einer Weiterbildung ist die Testmessung eine in-line-SPC-Messung.

In einer Ausgestaltung wird das deterministische Auswahlkriterium mittels Regeln bestimmt.

Vorzugsweise wird mindestens ein sowohl für das Run-to-Run-Verfahren als auch für das in-line-SPC-Verfahren notwendige Wafer ausgewählt.

Mittels der Erfindung ist es möglich, Kriterien eines Verfahrens zum Regeln eines Herstellungsprozesses, vorzugsweise eines Run-to-Run-Verfahrens, in den Standardproduktionsablauf zu integrieren. Im Gegensatz zu dem Stand der Technik, bei dem das Sampling, d.h. die Auswahl der Mehrzahl von physikalischen Objekten, unabhängig von Kriterien des Verfahrens zum Regeln des Herstellungsprozesses durchgeführt wird, wird im erfindungsgemäßen Verfahren das Sampling, insbesondere von Wafern, nach Kriterien durchgeführt, welche neben den Kriterien des Standardproduktionsablauf, d.h. vorzugsweise des in-line-SPC-Verfahrens, auch die Kriterien für ein Verfahren zum Regeln des Herstellungsprozesses erfüllen. Durch diese Integration

wird auch gewährleistet, dass Run-to-Run-Regelschleifen, d.h. Regelschleifen, welche von dem Run-to-Run-Verfahren geregelt werden, unterbrechungslos arbeiten. Gemäß dem Stand der Technik kann es nämlich vorkommen, dass das Run-to-Run-Verfahren versagt, da z.B. in einer feed-forward Schleife, d.h. einer Regelschleife, in welcher auf Grund eines Ergebnisses einer Messung ein nachfolgender Prozessierungsschritt geregelt wird, ein Los nicht gemessen wird, und somit der zum Regeln benötigte Messwert nicht zur Verfügung steht. Dieser fehlende Wert kann in einem Verfahren gemäß dem Stand der Technik zu einem Versagen des Run-to-Run-Verfahrens im Folgeprozess führen. Demgegenüber ist erfindungsgemäß mittels der deterministischen Auswahlkriterien sichergestellt, dass die für eine Regelung benötigten Werte dem Verfahren zum Regeln des Herstellungsprozesses immer zur Verfügung stehen.

Anschaulich kann die Erfindung darin gesehen werden, dass die Erfindung eine automatisierte Auswahl von Stichproben mittels methodischer Anwendung von Regeln schafft. Die Regeln stellen sicher, dass immer die für ein Qualitätsmessverfahren (vorzugsweise ein SPC-Verfahren) und ein Verfahren zum Regeln des Herstellungsprozesses (vorzugsweise ein Run-to-Run-Verfahren) notwendigen Lose, und Wafer gemessen werden, um die für die Qualitätsüberwachung und die Regelung des Herstellungsprozesses benötigten Messdaten zu erhalten. Ferner werden Controllerschleifen, d.h. Regelungsschleifen mittels derer der Herstellungsprozess geregelt wird, des Run-to-Run-Verfahrens nicht unterbrochen oder mangelhaft mit Daten versorgt und gleichzeitig werden die am besten geeigneten Lose/Wafer gemessen.

Darüber hinaus ist es möglich die Messreihenfolge, d.h. die Reihenfolge in der die einzelnen Lose/Wafer in Testmessungen gemessen werden, den Erfordernissen des Run-to-Run-Verfahrens anzupassen. Hierdurch kann es nicht zu einer so genannten Überregelung des Herstellungsprozesses kommen. Diese

Überregelung kann vorkommen, wenn die Messreihenfolge innerhalb der Lose nicht eingehalten wird. D.h. es stehen Wafer aus zwei Losen zum Messen an, welche Lose hintereinander prozessiert wurden. Die Wafer des zweiten

5 Losen werden zuerst gemessen, was innerhalb eines SPC-Verfahrens gemäß dem Stand der Technik vorkommen kann. Aufgrund der Ergebnisse der Testmessungen an Wafern des zweiten Losen wird nun der vorausgehende Prozessschritt geregelt. Wenn nachfolgend nun Wafer des ersten Losen
10 gemessen werden, sind diese noch mit alten Einstellungen des Herstellungsprozesses, bei welchen noch keine Änderungen aufgrund der Regelung durch die Ergebnisse der Messungen am zweiten Los, eingetreten sein können, hergestellt worden. Es können also noch keine Veränderungen in den Ergebnissen der
15 Testmessungen aufgrund der Parameterveränderungen eingetreten sein. Die Run-to-Run Regelung erwartet jedoch schon die Auswirkungen der Regelung, da die Regelung bereits durchgeführt wurde. Demzufolge wird eine zweite Regelung durchgeführt. Es kommt zu einer Überregelung des Prozesses.

20 Erfindungsgemäß wird sichergestellt, dass eine Reihe von Losen einer Run-to-Run zu messenden Gruppe in der Reihenfolge ihrer Prozessierzeit gemessen werden.

25 Eine weitere Bedingung, welche mittels eines deterministischen Auswahlkriteriums eingehalten werden kann, ist, dass die zu sampeln den Lose anhand Kriterien getroffen werden, welche nach SPC- und Run-to-Run-Kriterien optimiert sind. Eine Möglichkeit der Optimierung ist zum Beispiel ein
30 Kriterium, dass von einer Reihe von Losen mit hohen cp-Werten nicht das Los keiner Messung unterzogen werden soll, welches von einem Werkzeug kommt, welches das entsprechende Produkt lange nicht mehr erzeugt hat, und somit schon längere Zeit den Run-to-Run-Controller nicht aktualisiert hat, d.h.
35 Ergebnisse von Testmessungen an den Run-to-Run-Controller gegeben hat, damit dieser den Herstellungsprozess gemäß dem Ergebnissen der Testmessung regelt. Somit wird

sichergestellt, dass die Regelung in hinreichenden Maße die Einstellungen der Prozessparameter aktualisiert.

5 Mittels der Optimierung der Auswahlkriterien wird einerseits die Funktionsfähigkeit der Run-to-Run-Controller gewährleistet und verbessert und gleichzeitig werden die cp- und cpk-Werte des Herstellungsprozesses verbessert.

10 Auch wenn die Erfindung im Weiteren an dem Beispiel eines Überwachungsverfahrens eines Wafer-Herstellungsverfahrens näher erläutert wird, ist darauf hinzuweisen, dass die Erfindung nicht darauf beschränkt ist, sondern in allen Überwachungsverfahren für Herstellungsverfahren, bei welchen im Herstellungsverfahren eines physikalischen Objektes
15 Prozessparameter aufgenommen werden, eingesetzt werden kann, beispielsweise auch in der Pharma-Industrie bei dem Herstellen von pharmazeutischen Produkten.

20 Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in den Figuren dargestellt und wird im Weiteren näher erläutert.

Es zeigen:

25 Figur 1 ein Blockdiagramm, in welchem die allgemeine Organisation einer Chip-Produktionsanlage dargestellt ist;

Figur 2 eine Skizze einer Chip-Produktionsanlage, wobei der komplexe Materialfluss, d.h. der Weg eines Wafers/Loses durch die Chip-Produktionsanlage und die damit vorhandenen
30 komplexen Prozessschritte dargestellt ist;

Figur 3 ein Blockdiagramm, in dem der Prozessdatenfluss bei dem Herstellen eines Wafers/Loses dargestellt ist; und

Figur 4 ein schematischer Ablaufplan eines erfindungsgemäßen Verfahrens.

Einleitend wird in **Fig. 1** in einem Blockdiagramm 100 schematisch die Organisation und der Aufbau einer Halbleiterchip-Produktionsanlage, für welche ein erfindungsgemäßes Verfahren zum Überwachen eines Herstellungsprozesses einer Mehrzahl von Wafern verwendet werden kann, erläutert.

10

Der gesamte Herstellungsprozess, in Fig. 1 mit einem ersten Block 101 bezeichnet, wird beispielhaft in vier Produktionsbereiche 102, 103, 104, 105 gruppiert, einen ersten Bereich, in den die Front-End-Prozesse der Chip-Fertigung gruppiert werden (Block 102), einen zweiten Bereich des Herstellungsprozesses, in den die Back-End-Prozesse gruppiert werden (Block 103), einen dritten Bereich des Herstellungsprozesses, der den Support betrifft, das heißt die Unterstützung der einzelnen Herstellungsprozesse (Block 104), ein vierter Bereich der die Prozesstechnologie und die Prozessintegration betrifft (Block 105).

20

Bei den Front-End-Prozessen 102 sind insbesondere folgende Prozesstechnologien sowie die für die Durchführung der entsprechenden Prozesse eingerichteten Vorrichtungen vorgesehen:

25

Ein Ofen zum Erhitzen des jeweiligen zu prozessierenden Wafers,
eine Vorrichtung zum Durchführen eines Kurzzeit-Temperverfahrens (Rapid Thermal Processing, RTP),
eine Vorrichtung zum Ätzen des Wafers, beispielsweise zum Nassätzen oder zum Trockenätzen,

30

eine Vorrichtung zum Reinigen, beispielsweise Waschen des Wafers,

eine Vorrichtung zur Durchführung unterschiedlicher Lithographieschritte,

5 eine Vorrichtung zum chemisch-mechanischen Polieren (Chemical Mechanical Polishing, CMP),

eine Einrichtung zur Durchführung einer Ionen-Implantation in vorgegebenen Bereichen des Wafers bzw. des jeweils zu fertigenden Chips,

10 Vorrichtungen zum Aufbringen von Materialien auf dem Wafer, beispielsweise Vorrichtungen zum Abscheiden von Materialien aus der Gasphase, das heißt beispielsweise Vorrichtungen zum Durchführen von Physical Vapour Deposition (PVD) oder Chemical Vapour Deposition (CDV), oder eine Vorrichtung zum

15 epitaktischen Aufwachsen von Material auf einem Substrat, Metrologie-Vorrichtungen, d.h. Messvorrichtungen, Vorrichtungen zum Durchführen von Tests auf den jeweiligen Wafern.

20 Die Back-End-Prozesse betreffen insbesondere folgende Bereiche:

Den Zusammenbau der Chips in Gehäuse, den Endtest des gefertigten und gehäusten Chips, das Einbringen von Informationen, beispielsweise

25 Produktinformation, in oder an das Gehäuse des jeweiligen Chips, sowie

allgemein die im Bereich des Back-Ends für gehäuste und ungehäuste Chip eingesetzten Technologien.

30 Der Support, das heißt die Prozessunterstützung betrifft insbesondere folgende Bereiche:

CIM,

Prozessüberwachung,

ein Transportsystem zur Auslieferung der gefertigten Halbleiterchips,
eine Koordination der Produktion,
die Unterstützung der jeweiligen Fertigungsstandorte.

5

Die Prozesstechnologie und die Prozessintegration betrifft insbesondere

die Prozessintegration von Logikbausteinen,

die Prozessintegration von Speicherbausteinen,

10 das Produkt-Engineering,

das Überwachen und Verbessern von Fehlerdichten bei der Herstellung,

das Überwachen elektrischer Parameter bei den hergestellten Produkten,

15 die Verbesserung der Ausbeute der hergestellten Chips,
eine physikalische Fehleranalyse.

Fig. 2 zeigt eine Halbleiterchip-Produktionsanlage, anders ausgedrückt eine Halbleiterchip-Fabrik 200 mit einer Vielzahl

20 von Halbleiterchip-Teil-Produktionsanlagen 201, welche eingesetzt werden zur Bearbeitung von Rohmaterialien,

beispielsweise eines Siliziumwafers oder eines Wafers aus anderen Halbleiter-Materialien (Germanium, Gallium-Arsenid, Indium-Phosphid, etc.), um aus den Rohmaterialien

25 Halbleiterchips zu fertigen.

Ein üblicher Herstellungsprozess zur Herstellung eines Halbleiterchips weist Hunderte von unterschiedlichen Prozessschritten auf, bei denen in unterschiedlicher

30 Reihenfolge Lithographieschritte, Ätzschritte, CMP-Schritte, Schritte des Aufbringens von Materialien auf dem jeweiligen zu prozessierenden Wafer, oder auch Dotierungs- oder Implantationsschritte von Dotierungsatomen in den zu

prozessierenden Wafer durchgeführt werden. Bei all diesen Prozessschritten werden Werte von Prozessparametern aufgenommen, welche einer späteren statistischen Analyse unterworfen werden können.

5

Somit ergeben sich die in Fig. 2 durch Linien 202 dargestellten Wege, welche den Weg eines Wafers oder eines Loses durch die Halbleiterchip-Produktionsanlage 200 darstellen. In der Halbleiterchip-Produktionsanlage 200 ist eine Vielzahl von Sensoren, welche den jeweiligen Teil-Produktionsanlagen 201 zugeordnet sind und eine noch größere Menge von Prozessdaten (Rohdaten) werden aufgenommen, welche jeweils von den Sensoren erfasst werden und, wie im Weiteren näher erläutert wird, verarbeitet werden. Ein jeweiliger Sensor kann in eine jeweilige Maschine integriert sein (integrierter Sensor) oder separat an eine jeweilige Maschine angebaut sein (externer Sensor).

10
15

Im Weiteren werden die Teil-Produktionsanlagen 201 auch als Maschinen 201 bezeichnet.

20

Fig.3 zeigt beispielhaft den Datenfluss für Prozessdaten, welche an einer Maschine 201 mittels eines integrierten oder mittels eines externen Sensors 301. Jeder Sensor 301, wobei eine beliebige Anzahl integrierter und/oder externer Sensoren vorgesehen sein können, erfasst die jeweils für ihn vorgegebenen Parameter der Maschine 201, beispielsweise physikalische oder chemische Zustände in einer Prozesskammer, die Position eines Roboterarms, etc. Beispiele für Prozessparameter bei der Herstellung eines Wafers sind zum Beispiel die Dejustierung, d.h. die Positionierungs- Ungenauigkeit, innerhalb eines Positionierungsschrittes, Temperatur während eines Prozessschrittes, Gasfluss während

25
30

eines Prozessschrittes, Zeitdauer eines Prozessschrittes oder der Druck während eines Prozessschrittes.

Der Sensor 301 ist über eine SECS-Schnittstelle 302, die
5 eingerichtet ist zur Datenkommunikation gemäß den SECS-
Standards mit einem lokalen Kommunikationsnetz (Local Area
Network, LAN) 306 gekoppelt.

Gemäß den SECS-Standards werden von dem Sensor 301 und der
10 SECS-Schnittstelle 302 Dateien gemäß dem PDSF-Format (Process
Data Standard Format) erzeugt, im Weiteren auch bezeichnet
als PDSF-Dateien 303 sowie Protokolldateien 304, wobei die
PDSF-Dateien 303 und die Protokolldateien 304 als Daten in
einem Speicher 307 gespeichert werden.

15 Die PDSF-Dateien 303 enthalten z.B. analoge Daten von
unterschiedlichen Kanälen, das heißt von unterschiedlichen
internen (d.h. integrierten) und/oder externen Sensoren 301,
welche an einer Maschine 201 angebracht sein können. Die
20 erzeugten Prozessdaten werden in dem Speicher 307
gespeichert.

Nachdem in den Figuren 1 bis 3 eine schematische Übersicht
über einen Herstellungsprozess eines Wafers und ein
25 Verarbeiten von gemessenen Prozessparametern dargestellt
wurde, wird in **Fig. 4** nun ein schematischer Ablaufplan eines
Verfahrens zum Überwachen und Regeln eines derartigen
Herstellungsprozesses gemäß einem Ausführungsbeispiel der
Erfindung gegeben.

30 Das Überwachen und Regeln des Herstellungsprozesses wird
vorzugsweise mittels eines Steuerrechners durchgeführt.
Mittels diesem Steuerrechner wird insbesondere die Regelung

der einzelnen Prozessschritte, d.h. der Prozessparameter der einzelnen Prozessschritte durchgeführt. Ferner wird mittels des Steuerrechners auch die Auswahl der Stichproben, welche einer Testmessung unterzogen werden sollen, gemäß

5 deterministischer Auswahlkriterien getroffen.

In einem Prozessierungsschritt 408 des oben beschriebenen Herstellungsverfahrens, welcher mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens geregelt wird, werden eine Mehrzahl von

10 Zwischenprodukten eines Wafer-Herstellungsprozesses erzeugt.

Die Mehrzahl von Wafern werden im Herstellungsprozess logistisch zu einem Los zusammengefasst. Alle Wafer, welche einem Los angehören, werden mittels der gleichen Prozessierungsschritte auf den gleichen Maschinen usw.

15 hergestellt. Sie haben also eine gleiche — Herstellungsgeschichte. Diese Herstellungsgeschichte spiegelt sich auch in den im Speicher 307 gespeicherten Prozessdaten wider. Gleichartige Zwischenprodukte (halbfertige Wafer) können unter Umständen auch eine andere

20 Herstellungsgeschichte haben. Z.B. kann ein Prozessierungsschritt auf verschiedenen Maschinen durchgeführt werden und somit kann ein gleichartiges Zwischenprodukt mit verschiedenen Herstellungshistorien produziert werden.

25

Erfindungsgemäß wird nun die Reihenfolge der einzelnen Wafer innerhalb eines Loses festgehalten und auch die Reihenfolge einzelner Lose untereinander festgehalten.

30 Wenn auf Grund dieser Lose der Prozessierungsschritt 408 geregelt werden soll, muss eine Stichprobe an Wafern und/oder Losen von Wafern ausgewählt werden, welche einer Testmessung zum Feststellen der Qualität des Herstellungsschrittes

unterzogen wird. Diese Auswahl erfolgt erfindungsgemäß mittels deterministischer Auswahlkriterien, welche einerseits die Bedürfnisse eines herkömmlichen in-line-SPC-Verfahrens erfüllen, welche im allgemeinen einfach eine vorgegebene Anzahl von Wafern aus dem Los, sind. Andererseits berücksichtigt die gemäß deterministischen Auswahlkriterien ausgewählte Stichprobe auch die Notwendigkeit des Verfahrens zum Regeln des Herstellungsprozesses, eines Run-to-Run-Verfahrens.

10

Erfüllt ein Los/Wafer die Auswahlkriterien für die Stichprobenauswahl im Schritt 409, so wird das entsprechende Los für Testmessungen vorgesehen. Auswahlkriterien können zum Beispiel sein, dass das betreffende Los schon zur Regelung eines vorhergehenden Prozessschrittes verwendet wurde, und die Regelung des nachfolgenden Prozessschrittes 408 mit der Regelung des vorangehenden Prozessierungsschrittes gekoppelt ist. Ein weiteres Auswahlkriterium kann sein, dass die Wafer des betreffenden Loses auf einer Maschine oder Werkzeug hergestellt wurden, welche Maschine oder Werkzeug schon über eine längere Zeit nicht mehr durch das Regelungsverfahren geregelt wurde. Nachfolgend werden die Testmessungen, welche für die Regelung des Herstellungsverfahrens benötigt werden, in Schritt 410 durchgeführt. Diese Testmessungen, welche für das Regelungsverfahren (Run-to-Run-Verfahren) nötig sind, sind gleichzeitig als Messungen für das in-line-SPC-Verfahren verwendbar, da erfindungsgemäß bei den Auswahlkriterien für die Stichprobe, die jeweiligen Auswahlkriterien sowohl des in-line-SPC-Verfahrens als auch die Auswahlkriterien des Run-to-Run-Verfahrens berücksichtigt werden.

Erfindungsgemäß wird außerdem die Reihenfolge der Lose bzw. der einzelnen Wafer innerhalb eines Loses berücksichtigt.

Somit kann es nicht zu einem so genannten Überregeln des Herstellungsprozesses kommen. Eine Überregelung kann dann vorkommen, wenn zwei Lose von Wafern in umgekehrter Reihenfolge ihrer Prozessierung in einer Testmessung gemessen werden. Wird zuerst ein späteres Los bzw. Wafer dieses späteren Loses im Rahmen des Run-to-Run-Verfahrens gemessen und auf grund der Ergebnisse dieser Messungen der vorhergehende Prozessierungsschritt geregelt, so kann diese Regelung auf ein vorher prozessiertes Los von Wafern keine Auswirkung haben. Da das eigentlich früher prozessierte Los jedoch erst nach dem später prozessierten Los der Testmessung für das Run-to-Run-Verfahren vermessen wird, wird eine erneute Regelung durchgeführt, weil das Run-to-Run-Verfahren in der Auswertung der Ergebnisse der Testmessungen davon ausgeht, dass die Regelung für die Produktion dieses Loses schon durchgeführt war. Die Auswertung ergibt also einen weiteren Regelungsbedarf für den Herstellungsschritt. Es kommt zu einer Überregelung des Prozesses. Um solch eine Überregelung zu verhindern, wird erfindungsgemäß die Prozess- und die Messreihenfolge der einzelnen Lose beachtet.

Nachfolgend zu der Testmessung analysiert eine Auswerteeinheit 411 des Run-to-Run-Verfahrens die Ergebnisse der Testmessungen anhand vorgegebener Kriterien, z.B. Grenzwerte oder Produktqualitäten, welche eingehalten werden müssen, ob eine Regelung des Prozessschrittes 408 nötig ist oder nicht. Im Falle dass eine Regelung nötig ist, wird diese Regelung für den Prozessschritt 408 durchgeführt, d.h. im Allgemeinen werden Prozessparameter des Prozessierungsschrittes geändert.

Die Wafer bzw. das Los mit der Mehrzahl von Wafern, welches den Testmessungen unterzogen wurde, wird anschließend an die

abgeschlossenen Testmessungen wiederum in den normalen
Herstellungsprozess integriert. Wenn die Ergebnisse und die
Auswertung dieser Ergebnisse jedoch ergeben, dass eventuell
gesetzte Grenzwerte für Produktqualitäten nicht eingehalten
5 werden, können diese Wafer bzw. das Los von Wafern jedoch
auch den Schritten unterzogen werden, welche das in-line-SPC-
Verfahren für solch einen Fall vorsieht. Z.B. können diese
Wafer bzw. das Los von Wafern aus dem herkömmlichen
Herstellungsprozess entfernt werden, oder einer
10 Nachbearbeitung unterzogen werden.

Wird ein Los im Schritt 409 nicht als Stichprobe ausgewählt,
welche für Testmessungen herangezogen werden soll, so
verbleibt es im normalen Herstellungsprozess und wird mittels
15 eines nächsten Prozessierungsschritt 412 weiterprozessiert..

Zusammenfassend schafft die Erfindung ein Verfahren, bei
welchem Auswahlkriterien für die Auswahl einer Stichprobe von
Losen von Wafern oder Wafern, die Auswahlkriterien eines in-
20 line-SPC-Verfahrens und eines Run-to-Run-Verfahrens, welches
einen Herstellungsprozesses eines physikalischen Objektes
regelt, kombiniert. Mittels dieser kombinierten

Auswahlkriterien, werden mittels einer minimalen Anzahl von
durchzuführenden Testmessungen die Notwendigkeiten sowohl des
25 in-line-SPC-Verfahrens als auch des Run-to-Run-Verfahrens
erfüllt. Die Anzahl der Messungen wird verringert, da
redundante Messungen vermieden werden. Auch wird mittels des
erfindungsgemäßen Verfahrens sichergestellt, dass alle
Messungen, welche an einem Wafer oder Los von Wafern
30 durchgeführt werden müssen, um alle für das Run-to-Run-
Verfahren benötigten Messwerte zu erhalten, durchgeführt
werden. Es ist erfindungsgemäß weiterhin sichergestellt, dass
die einzelnen Lose von Wafern in der Prozessierung der

Testmessung nicht in umgekehrter Reihenfolge abgearbeitet werden, d.h. die Reihenfolge der Prozessierung und die Reihenfolge in der eventuelle Testmessungen durchgeführt werden ist die gleiche. Hierdurch kann es nicht zu einer so genannten Überregelung des Herstellungsprozesses kommen. Auch wird durch die deterministischen Auswahlkriterien sichergestellt, dass es nicht durch fehlende Werte, d.h. Ergebnisse von Testmessungen, zu einem Versagen des Run-to-Run-Verfahrens, bzw. der Algorithmen mittels deren das Run-to-Run-Verfahren durchgeführt wird, kommt.

Im Rahmen der Erfindung wird ein integrales Advanced Process Control (APC) geschaffen, d.h. ein übergreifendes Regelwerk, welches ein Verfahren zum Regeln eines Herstellungsprozesses eines physikalischen Objektes, z.B. ein Run-To-Run-Verfahren, und ein Verfahren der Produktion, z.B. ein SPC-Verfahren, welches Sampling oder Losauswahl für Testmessungen zum Bestimmen der Produktionsqualität bestimmt, vereinigt. Ferner wird mittels Einbindens der Regeln des Regelwerkes in eine rechnergestütztes Verfahren zum Überwachen und Regeln des Herstellungsverfahrens eine flexible und automatische Verarbeitung gewährleistet und es wird sichergestellt, dass sowohl das Verfahren zum Regeln eines Herstellungsprozesses als auch das Verfahren der Produktion durchgeführt und auch angepasst werden können.

Patentansprüche

1. Verfahren zum rechnergestützten Überwachen und Regeln
eines Herstellungsprozesses einer Mehrzahl von physikalischen
5 Objekten,
 bei dem die physikalischen Objekte mindestens einem
Herstellungsschritt unterzogen werden;
 bei dem gemäß einem deterministischen Auswahlkriterium
mindestens eines der prozessierten physikalischen Objekte so
10 markiert wird, dass es einer Testmessung unterzogen werden
kann; und
 bei dem basierend auf dem Ergebnis der Testmessung des
markierten Objektes der Herstellungsprozess geregelt wird.
- 15 2. Verfahren gemäß Anspruch 1, bei dem das Verfahren ein
Run-to-Run-Verfahren ist.
3. Verfahren gemäß Anspruch 1 oder 2, bei dem das
physikalische Objekt ein Wafer ist.
- 20 4. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem die
Testmessung eine in-line-SPC-Messung ist.
5. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem das
deterministische Auswahlkriterium mittels Regeln bestimmt
wird.
6. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem
mindestens ein sowohl für das Run-to-Run-Verfahren als auch
30 für das in-line-SPC-Verfahren notwendige Wafer ausgewählt
wird.
7. Vorrichtung zum Überwachen und Regeln eines
Herstellungsprozesses einer Mehrzahl von physikalischen
35 Objekten mit einem Prozessor, der derart eingerichtet ist,
dass folgende Verfahrensschritte durchführbar sind:

Durchführen mindestens eines Herstellungsschrittes an den physikalischen Objekten;

derartiges Markieren mindestens eines der prozessierten physikalischen Objekte gemäß einem deterministischen

- 5 Auswahlkriterium, dass es einer Testmessung unterzogen werden kann; und

Regeln des Herstellungsprozesses basierend auf dem Ergebnis der Testmessung.

- 10 8. Computerlesbares Speichermedium, in dem ein Programm zum Überwachen und Regeln eines Herstellungsprozesses einer Mehrzahl von physikalischen Objekten gespeichert ist, das, wenn es von einem Prozessor ausgeführt wird, folgende Verfahrensschritte ausführt:

- 15 Durchführen mindestens eines Herstellungsschrittes an den physikalischen Objekten;

derartiges Markieren mindestens eines der prozessierten physikalischen Objekte gemäß einem deterministischen Auswahlkriterium, dass es einer Testmessung unterzogen werden
20 kann; und

Regeln des Herstellungsprozesses basierend auf dem Ergebnis der Testmessung.

- 25 9. Programm-Element zum Überwachen und Regeln eines Herstellungsprozesses einer Mehrzahl von physikalischen Objekten, das, wenn es von einem Prozessor ausgeführt wird, folgende Verfahrensschritte ausführt:

Durchführen mindestens eines Herstellungsschrittes an den physikalischen Objekten;

- 30 derartiges Markieren mindestens eines der prozessierten physikalischen Objekte gemäß einem deterministischen Auswahlkriterium, dass es einer Testmessung unterzogen werden kann; und

- 35 Regeln des Herstellungsprozesses basierend auf dem Ergebnis der Testmessung.

Zusammenfassung

**Verfahren, Vorrichtung, computerlesbarer Speicher und
Computerprogramm-Element zum rechnergestützten Überwachen und
5 Regeln eines Herstellungsprozesses.**

Bei einem Verfahren zum rechnergestützten Überwachen und
Regeln eines Herstellungsprozesses einer Mehrzahl von
physikalischen Objekten werden die physikalischen Objekte
mindestens einem Herstellungsschritt unterzogen und
10 mindestens eines der prozessierten physikalischen Objekte
gemäß einem deterministischen Auswahlkriterium so markiert,
dass es einer Testmessung unterzogen werden kann. Ferner wird
basierend auf dem Ergebnis der Testmessung des markierten
Objektes der Herstellungsprozess geregelt.

15

(Fig. 4)

Bezugszeichenliste

100	schematisches Blockdiagramm eines Aufbaus einer Halbleiter-Produktionsanlage
101	Block eines gesamten Herstellungsprozesses
102	Block eines ersten Produktionsbereiches
103	Block eines zweiten Produktionsbereiches
104	Block eines dritten Produktionsbereiches
105	Block eines vierten Produktionsbereiches
200	Halbleiterchip-Produktionsanlage
201	Vielzahl von Halbleiterchip-Teil-Produktionsanlagen
202	Weg eines Wafers oder Loses durch die Halbleiterchip-Produktionsanlage
201	Maschine
301	Sensor
302	SECS-Schnittstelle
303	PDSF-Datei
304	Protokolldatei
306	lokales Kommunikationsnetz (LAN)
307	Speicher
408	Prozessierungsschritt
409	Abfrage des Auswahlkriteriums
410	Testmessung
411	Auswerteeinheit
412	nächster Prozessierungsschritt

FIG 1

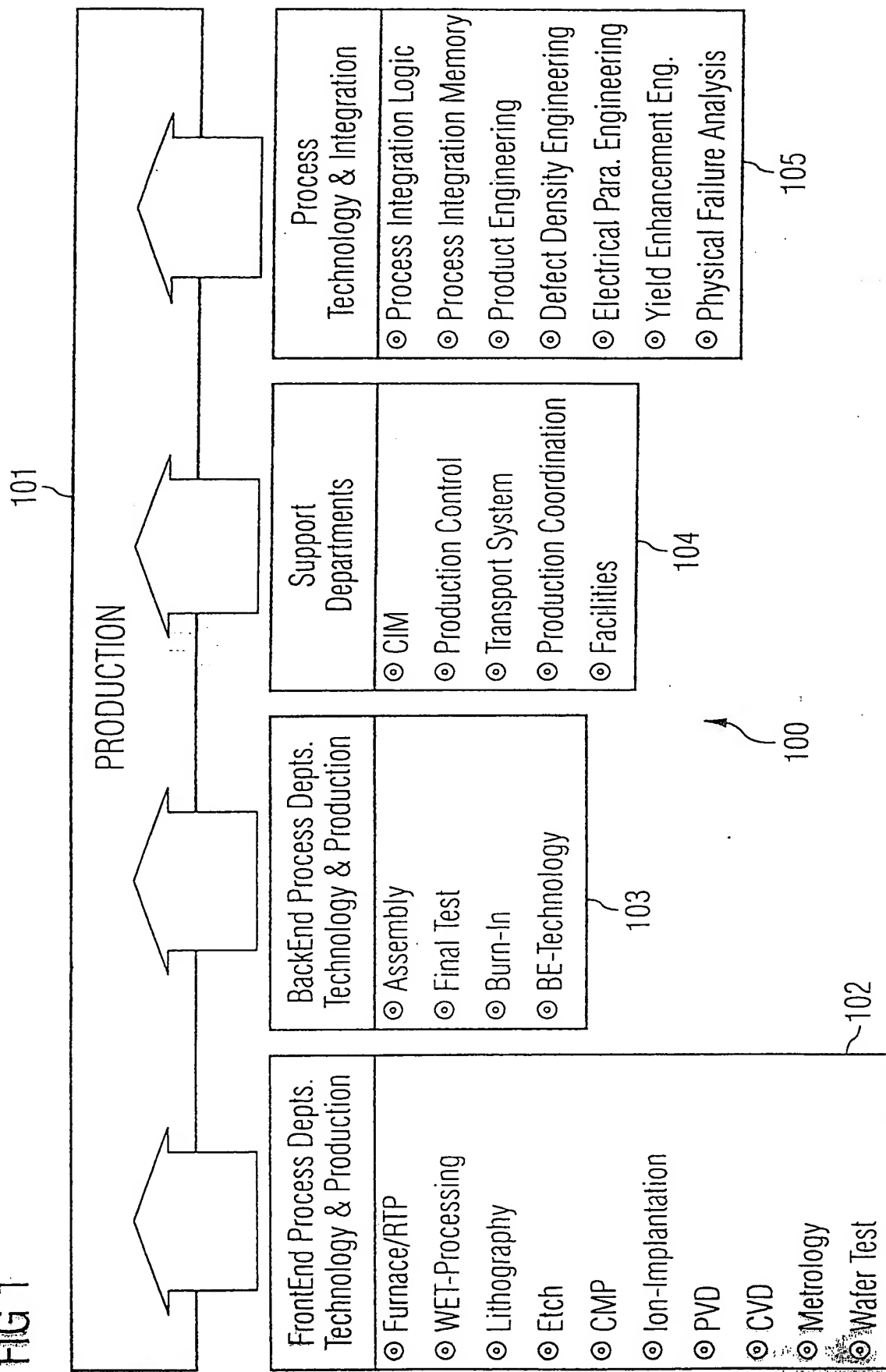
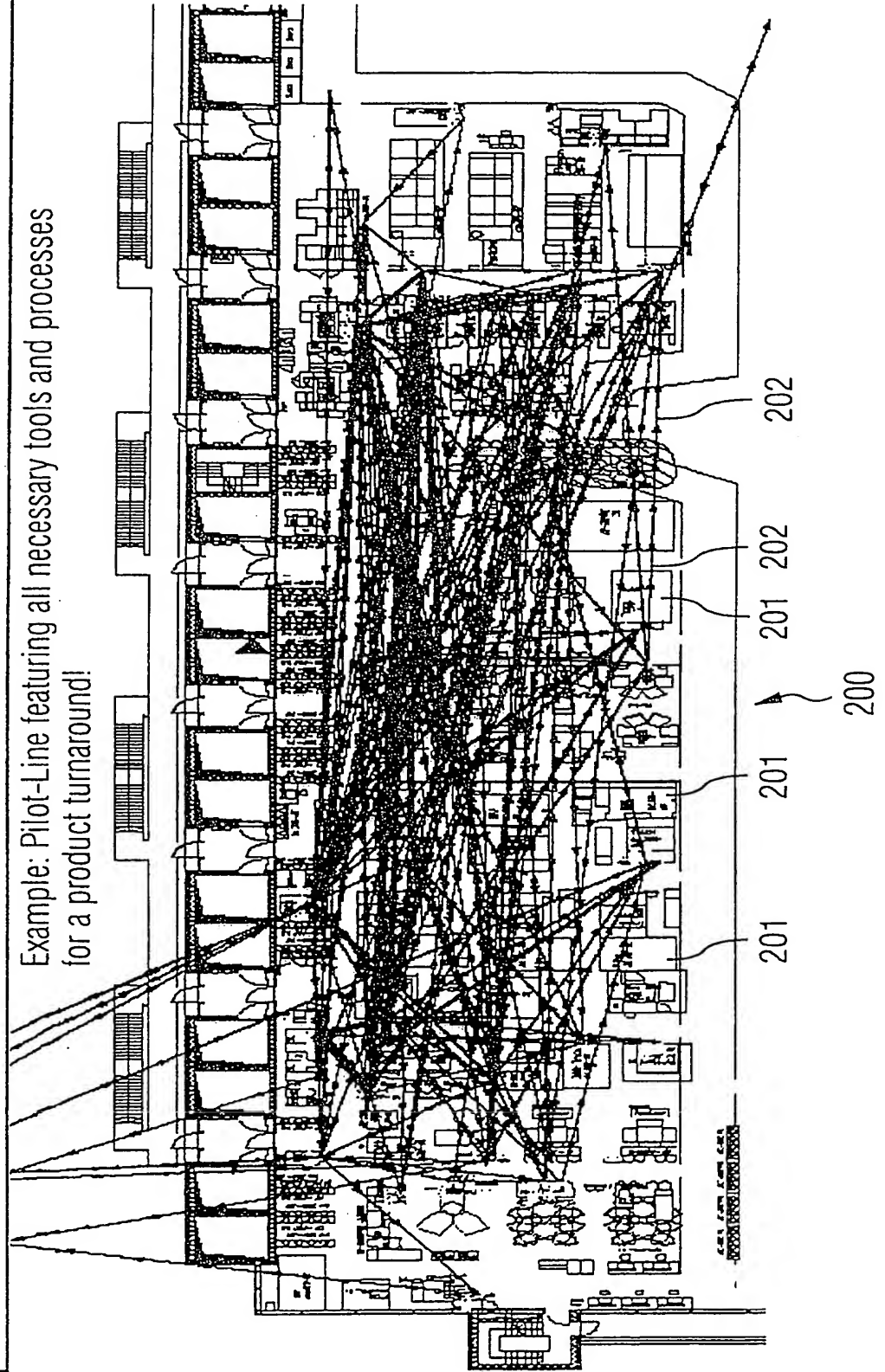


FIG 2

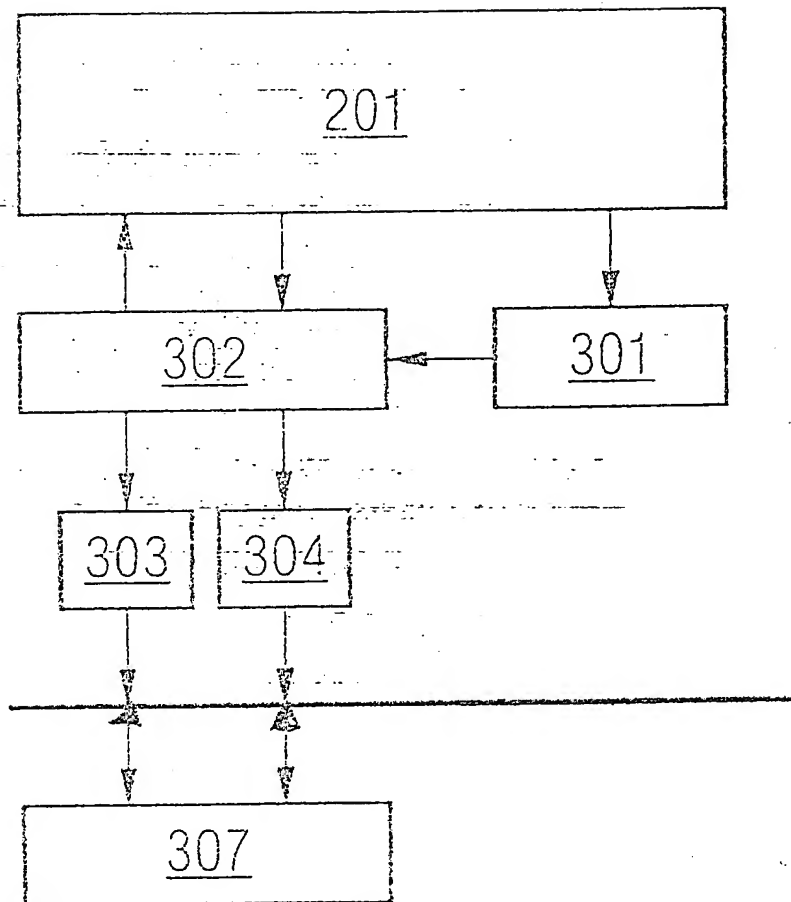
Illustration of Production Complexity

Example: Pilot-Line featuring all necessary tools and processes
for a product turnaround!



3/4

FIG 3



4/4

Fig 4

